

УДК 621.316.9

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ ДЛЯ РАСЧЕТА МОЛНИЕЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ

**Истомин А.Е., Киприч С.В., Колиушко Д.Г. канд. техн. наук,
Обруч И.В., Петков А.А. канд. техн. наук**

(г. Харьков, Украина)

У роботі розглянуті особливості візуалізації програмного комплексу, призначеного для проведення розрахунків блискавкозахисту системи будівель і споруджень.

В работе рассмотрены особенности визуализации программного комплекса, предназначенного для проведения расчетов молниезащиты системы зданий и сооружений.

The singularities of the visualization of the program complex intended for lightning protection calculations of structures are considered.

Расчет молниезащиты необходим для обеспечения во время грозовой деятельности безопасной работы персонала и надежного функционирования электрооборудования. Актуальность этой проблемы усиливается из-за применения все более энергоемкого и дорогостоящего оборудования, нарушение нормальной работы или выход из строя которого по причине удара молнии, сопровождается значительным материальным ущербом, а также из-за повсеместного перехода на микропроцессорную базу, которая чувствительна к помехам, возникающим в момент протекания токов молнии. Одним из наиболее действенных способов защиты объектов является установка молниеотводов различных видов (стержневых, тросовых, сеточных и т.п.). Национальные и международные нормативные документы [1-3] регламентируют мероприятия по обеспечению молниезащиты, а также отражают основные требования к построению зон защиты различных типов молниеотводов.

Однако для построения зоны защиты большого количества молниеотводов, защищающих группу объектов необходима автоматизация процесса, так как в противном случае существует большая вероятность возникновения ошибок на этапе геометрических построений (для [1, 2]) и физического моделирования (для [3]), а также при интерпретации результатов, что связано с постоянным участием человека-оператора. В [4] был по-

дробно описан интерфейс программного комплекса (ПРК), разрабатываемого в НИПКИ "Молния". Так как все графические построения используют технологии OpenGL и GDI+, поэтому программа работает в версиях операционной системы, начиная с платформы Windows 2000.

Указанный выше ПРК и состоит из 3-х логических частей:

- 1) графического редактора, при помощи которого вводится геометрическая информация о зданиях и молниеотводах (положение и размеры);
- 2) двухмерного отчета, при помощи которого можно просмотреть результаты анализа зон молниезащиты на плоскости;
- 3) трехмерного отчета, при помощи которого можно просмотреть результаты анализа зон молниезащиты в пространстве.

Разработанный графический редактор был описан в [4], однако были выполнены некоторые доработки, благодаря которым появились следующие возможности:

- 1) масштабирование изображения;
- 2) наличие линейки для более точного позиционирования объектов;
- 3) копирование объектов с использованием буфера обмена Windows;
- 4) поддержка операций Undo и Redo;
- 5) выполнение операций с группами объектов (копирование, перемещение, Undo, Redo);
- 6) наличие файла текущих настроек редактора.

После ввода геометрии объекта производится расчет заданной конфигурации зданий и молниеотводов. Для того чтобы произвести анализ степени защищенности объектов, разработан программный математический модуль, который рассчитывает координаты поверхностей зон защит установленных молниеотводов (стержневого и тросового). Данный модуль позволяет получить массив координат поверхности защиты на указанной высоте анализа для различных стандартов и надежностей защиты. Модуль выполнен так, чтобы при появлении новых методик расчета была возможность просто дополнять его, не изменяя структуры.

В настоящей работе подробно рассмотрим вторую и третью логические части программного комплекса, т. е. создание двухмерного и трехмерного отчета полученных результатов. Для отображения объектов, молниеотводов и зон защиты были выбраны следующие способы представления:

- 1) в виде двухмерной картины;
- 2) в виде трехмерной поверхности.

Исходными данными для построения являются рассчитанные при помощи математического модуля координаты. Двухмерная визуализация выполнена для использования результатов расчета при проектировании системы молниезащиты. Возможно построение двухмерной картины зоны

защиты на указанном уровне для определения защищенности тех или иных объектов. Это особенно удобно в том случае, если требуется определить защищенность большого комплекса разновысоких зданий и сооружений, расположенных на достаточно большой территории.

Несмотря на достаточную информативность двухмерной картины анализа защищенности объектов, она не дает всей полноты представления о виде поверхностей защиты, их высоте относительно зданий, взаимных перекрытий и наглядности при большом количестве молниеотводов.

В новой версии программного комплекса разработан модуль анализа в виде трехмерного представления всех рассматриваемых объектов. Данный модуль использует библиотеку трехмерной графики OpenGL.

Трехмерная визуализация (3D схема) представляет собой объемный интерактивный «мир» с расположенными на рассматриваемом участке земли зданиями, молниеотводами и поверхностями зон защиты. Также отображаются оси координат, координатная сетка по трем осям (X, Y, Z) и панель инструментов «Панель: Объекты 3D», содержащая информацию об активном объекте и основные настройки отображения 3D схемы. В 3D схеме реализована возможность выбора объекта с помощью «мыши», вращение вокруг выбранного объекта, передвижение по схеме с помощью клавиатуры вдоль главных осей координат, изменение угла обзора, а также вращение относительно любой из трех осей координат. Для зданий, молниеотводов, поверхностей защит возможно изменение контура на «каркас» или «прозрачный», что позволяет видеть находящиеся внутри объекты. При расчете зоны защиты тросового молниеотвода для получения плавной отрисовки разработан алгоритм распределения точек таким образом, чтобы большее их количество приходилось на поверхность зон стержней и меньшее на зону троса. Разработан специальный объект «линии уровня», который позволяет оценить высоту зоны защиты в интересующем месте. Объект «линии уровня» можно передвигать в любое выбранное пользователем место, либо выполнить привязку непосредственно к выбираемым объектам. Для более качественной отрисовки поверхностей зон защит введена опция изменения качества вида объектов, которая позволяет повысить плавность линий поверхности защиты. Разработанные программные средства позволяют в 3D схеме давать более наглядное представление при анализе степени защищенности различных объектов.

Также при построении 3D схемы предусмотрена возможность отрисовки текстур, что позволяет отразить особенности грунта, на котором расположен объект (грунт, асфальт, бетон и т.д.), а также материал строительных конструкций, из которого выполнены здания (кирпич, бетон, металлические конструкции и т.д.). Такое представление позволяет более детально проанализировать существующую систему молниезащиты (напри-

мер, отсутствие необходимости защиты металлических зданий) или осуществить ее синтез (например, возможность прокладки дополнительных заземлителей и установки молниеотводов на здании).

На рис. 1 приведен пример построения зоны защиты трех зданий с помощью стержневого и тросового молниеотводов по методике МЭК [3] на высоте анализа 7 м. На экране красным цветом выделяется незащищенная часть здания. На рис. 2 приведена та же расчетная схема, но выполненная в трехмерном виде.

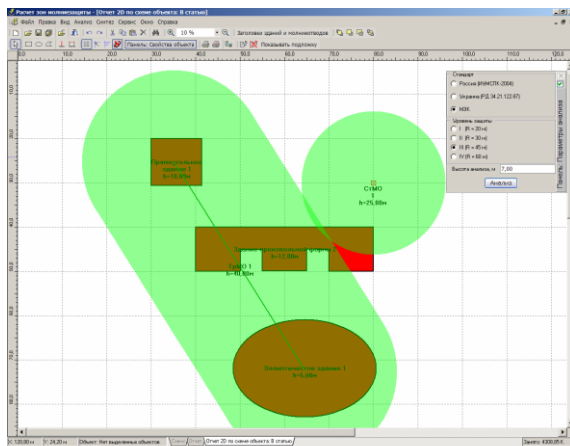


Рис. 1. Двухмерная картина зоны защиты группы зданий на высоте анализа 7 м

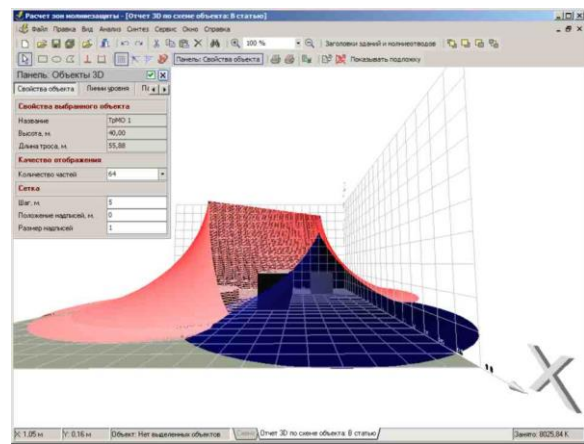


Рис. 2. Вид поверхности зоны защиты группы зданий

Основываясь на анализе расчетных программ, проведенном в [5], можно отметить, что графической визуализацией обладают только 5 (в том числе и представленная авторами) из 8 программ, из которых двухмерной и трехмерной визуализацией обладают две. Причем, вторая программа [6] использует стандартный модуль типа TChart, что в свою очередь накладывает некоторые ограничения как по функциональности, так и по использованию программы (необходимо приобретать отдельно лицензию на использование модуля TChart).

Таким образом, необходимо отметить, что разработанный программный комплекс является целостным, взаимосвязанным и завершенным, с помощью которого можно решать следующие задачи:

- 1) ввод сколь угодно большого количества зданий, сооружений и молниеотводов произвольной формы в реальном масштабе с помощью графического интерфейса (определяется возможностями ЭВМ);
- 2) анализ зон защиты по методикам [1-3] для стержневых и равновысоких тросовых молниеотводов без учета их взаимовлияния;
- 3) синтез одиночного стержневого молниеотвода;
- 4) отображение зон защиты в двухмерном и трехмерном виде.

Разработанный программный комплекс планируется дополнить возможностью решения других задач, реализация которых будет выполнена в следующих версиях (например, учет различных крыш зданий, расчет сетчатых молниеотводов, синтез тросового и многократного стержневого молниеотвода, учет взаимовлияний молниеотводов и т.д.).

Выводы.

1. Приведено описание программного комплекса с выполненными доработками.

2. Проведено обоснование выбора представления результатов расчета и описана часть визуализации, а так же на примере показано удобство и информативность двухмерной и трехмерной картин анализа результатов расчета.

3. Определены возможности разработанного программного комплекса и намечены задачи для дальнейшего его усовершенствования.

Литература

1. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений (РД 34.21.122-87). М.: Энергоатомиздат, 1989. – 56 с.
2. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. – М.: Издательство МЭИ, 2004. – 57 с.
3. IEC standard 62305-3. Ed. I/CDV. Protection against lightning. Part 3: Physical damage to structures and life hazard.
4. Колиушко Д.Г., Обруч И.В., Петков А.А. Программный комплекс для расчетов молниезащиты зданий и сооружений // Физические и компьютерные технологии // Труды 11-й Международной научно-технической конференции. – Харьков: ХНПК "ФЭД", 2005. – С. 344-347.
5. Киприч С.В., Петков А.А., Колиушко Д.Г. К вопросу об автоматизации расчетов молниезащиты // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Техніка і електрофізика високих напруг. – Харків: НТУ "ХПІ". – 2006. – №37. – С. 66-73.
6. Борисов Р.К., Петров С.Р. Компьютерные программы для анализа и проектирования устройств заземления и молниезащиты // Первая Российская конференция по заземляющим устройствам: Сборник докладов / Под ред. Ю.В. Целебровского. – Новосибирск: Сибирская энергетическая академия, – 2002. – С. 41-43.